

Müller, Thomas

Lernende Gehirne. Anthropologische und pädagogische Implikationen neurobiologischer Forschungspraxis

Mietzner, Ulrike [Hrsg.]; Tenorth, Heinz-Elmar [Hrsg.]; Welter, Nicole [Hrsg.]: *Pädagogische Anthropologie – Mechanismus einer Praxis*. Weinheim u. a. : Beltz 2007, S. 202-219. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 52)



Quellenangabe/ Reference:

Müller, Thomas: Lernende Gehirne. Anthropologische und pädagogische Implikationen neurobiologischer Forschungspraxis - In: Mietzner, Ulrike [Hrsg.]; Tenorth, Heinz-Elmar [Hrsg.]; Welter, Nicole [Hrsg.]: *Pädagogische Anthropologie – Mechanismus einer Praxis*. Weinheim u. a. : Beltz 2007, S. 202-219 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-79093 - DOI: 10.25656/01:7909

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-79093>

<https://doi.org/10.25656/01:7909>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipt.de
Internet: www.pedocs.de

Zeitschrift für Pädagogik · 52. Beiheft

Pädagogische Anthropologie – Mechanismus einer Praxis

Herausgegeben von

Ulrike Mietzner, Heinz-Elmar Tenorth und Nicole Welter

Beltz Verlag · Weinheim und Basel

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder genutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, bei der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 2007 Beltz Verlag · Weinheim und Basel
Herstellung: Klaus Kaltenberg
Gesamtherstellung: Druckhaus »Thomas Müntzer«, Bad Langensalza
Printed in Germany

ISSN 0514-2717
Bestell-Nr. 41153

Inhaltsverzeichnis

Ulrike Mietzner/Heinz-Elmar Tenorth

Anthropologie als Thema und Problem in der Erziehungswissenschaft. Vielfalt der Methoden, Desiderat des Pädagogischen	7
--	---

Bildsamkeit – der pädagogische Mensch

Michael Parmentier

Das Aufscheinen der modernen Bildungsidee im holländischen Familienporträt des 17. Jahrhunderts. Pädagogische und anthropologische Anmerkungen zum Braunschweiger Familienbild von Rembrandt (1667–1669)	22
--	----

Jörg Zirfas

Immanuel Kant: Zum pädagogischen Orientierungswissen einer Pragmatischen Anthropologie	33
---	----

Nicole Welter

Anthropologie und pädagogische Anthropologie – Differenzen und Konflikte in Herders Pädagogik	45
--	----

Anthropologie – die Logik der pädagogischen Methode

Marcelo Caruso

Wirksamkeit der Oberfläche. Anthropologien der Gewöhnung oder des Subjekts? Deutsche und spanische Deutungen des Bell-Lancaster-Systems im 19. Jahrhundert	64
--	----

Birgit Althans

Lernkonzepte im frühen Management. Die motion studies von Frank Bunker und Lillian Moller Gilbreth	78
---	----

Marc Depaepe/Frank Simon/Melanie Surmont/Angelo van Gorp

„Menschen in Welten“ – Ordnungsstrukturen des Pädagogischen auf dem Weg zwischen Haus und Schule	96
---	----

Helga Kelle

„Altersgemäße Entwicklung“ als Maßstab und Soll: Zur praktischen Anthropologie kindermedizinischer Vorsorgeuntersuchungen	110
--	-----

Anthropologie als innovative Intention – Lebensreform und Reformpädagogik

Christa Kersting

Das Geschlechterverhältnis in den Konstrukten der internationalen Frauenbewegung um 1900 und seine Bedeutung für die Bildung 124

Johannes Bilstein

Naive Anthropologie, naive pädagogische Praxis – Grundlagen der Pädagogik
Oskar Kokoschkas 141

Karl-Ernst Ackermann

Sonderpädagogische Erfindungskraft als Medium der Wiederentdeckung der Bildsamkeit. Zum physiologischen Ansatz einer „Pädagogik bei schwerster Behinderung“ 155

Menschenbilder und Natur-Argumente

Anja Tervooren

Bildung im Blick 172

Nicole Becker

Der Stellenwert biologischer Erklärungsmuster in der Debatte über ADHS.
Eine Analyse pädagogischer Zeitschriften 186

Thomas Müller

Lernende Gehirne. Anthropologische und pädagogische Implikationen
neurobiologischer Forschungspraxis 202

Dieter Neumann

Illusion Fortschritt? Die Pädagogik vor den Ansprüchen einer
naturwissenschaftlichen Anthropologie 220

Brechungen der Selbstverständigung

Konrad Wünsche

Verkennungsgeschichte des Menschen 238

Thomas Müller

Lernende Gehirne

Anthropologische und pädagogische Implikationen neurobiologischer Forschungspraxis

1. Exposition der Fragestellung

Wer sich auf die Suche nach der Anthropologie zeitgenössischer Neurowissenschaften begibt, findet verschiedene Anknüpfungspunkte: Auf einer ersten Ebene legen Hirnforscher die Grundzüge eines neurowissenschaftlichen, oder präziser: neurobiologischen Menschenbildes dar. Dies geschieht gegenwärtig in Debatten, die entlang der Opposition von Freiheit und Determinismus verlaufen. Die neurobiologische Quintessenz besteht darin, „unser Selbstverständnis“ (Singer 2002a, S. 161) einer Revision zu unterziehen sowie mögliche Folgen, die aus der Anwendung neurowissenschaftlicher Erkenntnisse resultieren, zu erörtern (z.B. Metzinger 2005; Roth 2003).

Auf einer zweiten Ebene eröffnen Neurowissenschaftler ihre Sicht auf Zusammenhänge zwischen Erziehungs-, Lern- und Gehirnprozessen. Das damit thematisierte Feld erweist sich als ausgesprochen weit und unübersichtlich, was unter anderem auf pauschalisierende Kennzeichnungen („die Hirnforschung“ trifft auf „die Pädagogik“) zurückzuführen ist. Die an pädagogische Theorie und Praxis adressierten Botschaften der Neurowissenschaftler sind nicht zu einem „Menschenbild“ summiert, sondern enthalten punktuell anthropologische Annahmen. Auffällig ist hier zweierlei: Zum einen wird argumentiert, Lernen sei das gemeinsame Thema von Neurowissenschaft und Pädagogik, zum anderen wird die These vertreten, Lernen lasse sich nur dann angemessen verstehen, wenn man das Gehirn versteht (z.B. Spitzer 2006). Beide Argumentationen zielen auf eine Verzahnung anthropologischer und wissenschaftstheoretischer Argumente, um einen Vorrang der Neurowissenschaften vor der Pädagogik zu begründen.

Neben den beiden genannten Ebenen lässt sich eine dritte Ebene identifizieren, die für die empirisch-experimentell ausgerichteten Neurowissenschaften besondere Relevanz besitzt. Es handelt sich hierbei um die neurobiologische Forschungspraxis selbst, und die Frage lautet, ob diese Praxis eine spezifische Anthropologie konstituiert, indem sie den methodischen Zugriff auf die Objekte und Probanden experimenteller Settings vorgibt – eine Anthropologie, die von den auf Ebene 1 und 2 explizierten anthropologischen Annahmen zu unterscheiden ist.

Auf der ersten der drei genannten Ebenen spielt Anthropologie im engeren Sinne eine Rolle: als biologische Wissenschaft vom Menschen, mit der eine als „menschliches Selbstverständnis“ apostrophierte Proto-Anthropologie beiseite geräumt werden soll (vgl. kritisch Keil 1993). Dieses Projekt, das gemeinhin unter Stichworten wie Naturalismus und Naturalisierung verhandelt wird, möchte ich im Folgenden nur streifen, auch wenn seine pädagogische Relevanz außer Frage steht (vgl. Giesinger 2006). Interes-

santer ist es, die zweite und dritte Ebene in den Blick zu nehmen und Verbindungen zwischen beiden Ebenen herauszuarbeiten. Dabei geht es nicht um ein in öffentlichen Inszenierungen und Manifesten entfaltetes „Menschenbild“, sondern um ein neuroanthropologisches Wissen, das der Forschungspraxis zugrunde liegt und den interdisziplinären Diskurs beeinflusst, ohne dabei stets als Anthropologie ausgeflaggt zu sein.

Gemeinhin fällt eine solche Analyse in das Gebiet historischer und soziologischer Wissenschaftsforschung. Letztere unternimmt den Versuch, „die praktischen Details der Wissentstehung, das heißt die alltägliche Forschungspraxis, speziell in den Naturwissenschaften, herauszuarbeiten“ (Lindemann 2005, S. 770). Aus einer erziehungswissenschaftlichen Perspektive sprechen mehrere Gründe dafür, an solche Analysen anzuknüpfen und nach dem praktischen Zusammenhang von neurobiologischer Forschung und Anthropologie zu fragen. Seit einiger Zeit werden die Ergebnisse der neurowissenschaftlichen Erforschung von Lern- und Entwicklungsprozessen dem interessierten Publikum als pädagogisch relevante Innovationen präsentiert. Die Praktiken, Methoden und Theorien, die zum Zustandekommen dieser Ergebnisse beitragen, bleiben dabei jedoch oftmals unterbelichtet. So kann der Eindruck entstehen, Strategien und Ergebnisse neurowissenschaftlicher Forschung seien direkt übertragbar auf das Feld der Erziehung und neurowissenschaftliche Sichtweisen ließen sich problemlos von der pädagogischen Praxis adoptieren. Die These meines Beitrags ist hingegen, dass die neurobiologische Lernforschung der behavioristischen Psychologie folgt, indem sie deren methodologische und anthropologische Prämissen aufgreift, und damit die Möglichkeiten eines Transfers in die pädagogische Praxis limitiert.

Im Anschluss an diese einleitenden Überlegungen soll in einem zweiten Schritt der Übergang vom traditionellen Behaviorismus zur kognitiven Neurobiologie skizziert werden. In einem dritten Schritt wird gefragt, inwiefern die Neurobiologie die lernpsychologische Forschung inhaltlich ergänzt, und auf methodologische und forschungspraktische Parallelen zwischen behavioristischer und neurobiologischer Lernforschung hingewiesen, die anthropologisch folgenreich sind. Die angedeutete Nähe zum Behaviorismus führt in einem vierten Schritt zu der Frage, ob Übersetzungsprobleme, die zwischen Pädagogik und behavioristischer Psychologie auftraten, zwischen Pädagogik und Neurobiologie in ähnlicher Weise zum Tragen kommen. In einem fünften Schritt werden dann systematische Probleme beim Übergang zwischen neurobiologischer und pädagogischer Beschreibungs- und Erklärungsebene sowie Möglichkeiten und Grenzen eines Transfers angesprochen.

2. Vom Behaviorismus zur kognitiven Neurobiologie

„Die Hirnforschung“ existiert nicht als eigenständige Disziplin, sondern ist ein vielgestaltiger und breit gefächelter Komplex wissenschaftlicher Disziplinen, den lediglich der übergeordnete Forschungsgegenstand – das Gehirn – verbindet. Wie bereits angedeutet, konzentrieren sich die folgenden Überlegungen auf die kognitive Neurobiologie, ein in den 1980er Jahren aus der Verbindung kognitionspsychologischer und neurowissen-

schaftlicher Fragestellungen entstandenes Forschungsfeld, in dem elementare psychische Leistungen auf ihr zerebrales und neuronales Korrelat hin untersucht werden (vgl. Schneider/Prinz 2000).

2.1 *Behaviorismus als Ausgangspunkt*

Wissenschaftler, die im Schnittfeld von Geist und Gehirn forschen, bezeichnen ihre Position heute kaum noch als behavioristisch. Schon früh gelang es, die Grenzen behavioristischer Forschung aufzuzeigen und einer Kritik zu unterziehen (z.B. Mead 1934/1973, S. 39ff.). Trotz seines zeitigen Kursverfalls dominierte der Behaviorismus in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die psychologische Forschung. Seine Begründer plädierten in zweierlei Hinsicht für eine Beschränkung der Psychologie: (1) Nicht Erleben und Bewusstsein sollten Gegenstand psychologischer Forschung sein, sondern allein das Verhalten von Menschen und Tieren. (2) Die Erklärungen des Verhaltens sollten sich auf äußerlich beobachtbare Serien von Reiz-Verhaltenssequenzen begrenzen; ein Bezug auf nicht-beobachtbare mentale Zustände wurde abgelehnt. Sich auf die externe Beobachtung der Reaktionen auf kontrollierbare Reize zu konzentrieren, galt als Grundlage und Garant wissenschaftlicher Objektivität, denn es eröffnete die Möglichkeit der Reproduktion und intersubjektiven Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen. Angesichts dieser Prämissen ist es sinnvoll, nicht von irgendeinem, sondern vom *methodologischen Behaviorismus* zu sprechen. Vertreter eines solchen Ansatzes leugnen nicht die Existenz mentaler Vorgänge, sondern behaupten lediglich, dass diese Vorgänge aus methodologischen Gründen kein Forschungsgegenstand sein können (vgl. Westmeyer 1984).

Interessant ist nun, dass das Forschungsprogramm des methodologischen Behaviorismus nicht allein Restriktionen enthält, sondern zugleich expansiv angelegt ist. Schon in der Gründungsurkunde des Behaviorismus, John B. Watsons Aufsatz „Psychology as the Behaviorist views it“, wird die Auffassung vertreten, dass Menschen Bestandteil der Natur sind wie (andere) Tiere auch. Aus diesem Grund kann die Erforschung menschlichen Verhaltens in Analogie zur Erforschung tierischen Verhaltens konzeptualisiert werden: „The behaviorist, in his efforts to get a unitary scheme of animal response, recognizes no dividing line between man and brute. The behavior of man, with all of its refinement and complexity, forms only a part of the behaviorist's total scheme of investigation.“ (Watson 1913, S. 158) Watson ging es primär um eine Kritik an der zeitgenössischen Psychologie, die Bewusstseinsphänomene im Rückgriff auf die Methode der Introspektion untersuchte. Die von ihm vorgenommene Verknüpfung methodologischer und anthropologischer Annahmen weist jedoch über diesen historischen Zusammenhang hinaus.

2.2 Computermodell des Geistes und Konnektionismus

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verstärkte sich die Kritik an der Selbstbeschränkung des Behaviorismus und seiner Ausblendung kognitiver Prozesse. Diese Kritik leitete den so genannten *cognitive turn* in Psychologie und Linguistik ein. Sein Ziel bestand darin, mentale Prozesse einer wissenschaftlichen Analyse zuzuführen, indem man die behavioristische Dyade von Reiz und Reaktion durch ein dreistelliges Modell ersetzt, das zwischen externen Informationen (Input), Informationsverarbeitungen (Operation) und beobachtbarem Verhalten (Output) unterscheidet (vgl. Perler/Wildt 2005). Dieses Modell der Informationsverarbeitung, hergeleitet aus der Computertechnologie und Forschungen zur künstlichen Intelligenz, stieß auch in der neurowissenschaftlichen Theoriebildung und Forschung auf Resonanz; aufgrund seiner Herkunft wird es oftmals als Computermetapher oder als Computermodell des Geistes bezeichnet (vgl. Urchs 2002).

Der Computermetapher liegt die Annahme zugrunde, dass nicht allein das Gehirn Kognition erzeugt, sondern auch künstliche Strukturen für das Entstehen von Geist verantwortlich sein können. Nach computationaler Lesart funktioniert auch das Gehirn wie eine Rechenmaschine, die kodierte Information sequentiell verarbeitet (vgl. Engel/König 1998, S. 157ff.). Demnach lässt sich das Verhältnis von Geist und Gehirn angemessen verstehen, wenn man es in Analogie zum Verhältnis von Rechenprogramm (Software) und Rechenmaschine (Hardware) konzipiert. Fraglich ist jedoch, ob das Modell der Informationsverarbeitung tatsächlich zu einer substantiellen Veränderung gegenüber dem orthodoxen Behaviorismus führt oder diesen durch einen „Neobehaviorismus innerer Vorgänge“ (Meyer-Drawe 1996, S. 146) ersetzt. Kognitionspsychologen wissen um die Persistenz des Behaviorismus, beschränken seine Leistung freilich auf die strikten „Verfahren und Prinzipien experimenteller Untersuchung, die in allen Teilgebieten der Psychologie, einschließlich der Kognitiven Psychologie, zur Anwendung kommen“ (Anderson 2001, S. 9; vgl. auch Terrace 2005).

Experimentelle Befunde und konstruktivistische Theoriemodelle trugen in den 1980er-Jahren zur Verabschiedung des Computermodells bei und ermöglichten eine veränderte Sicht auf den Zusammenhang von Hirnaufbau und Hirnfunktionen. Kognitions- und Neurowissenschaftler erkannten, dass Gehirne strukturell anders aufgebaut sind als Rechenmaschinen, da sie weder in Hardware und Software zerlegt werden können noch über eine zentrale Recheneinheit verfügen (vgl. Changeux 1984). Das neue Erklärungsmodell des *Konnektionismus* ließ die Schwächen der Künstlichen Intelligenz offensichtlich werden und begründete ein neues Interesse an der Erforschung natürlicher Intelligenz. Dies war zugleich der Startschuss für die Synthese kognitionspsychologischer und neurowissenschaftlicher Forschungsfragen zur kognitiven Neurobiologie. Dem konnektionistischen Ansatz zufolge basieren kognitive Prozesse auf komplexen Verknüpfungen und Wechselwirkungen in und zwischen neuronalen Netzen. Kognitive Prozesse werden deshalb nicht mehr als sequentielle, sondern als parallel verteilte Informationsverarbeitungen konzeptualisiert. Der Konnektionismus setzt an bei der hypothetischen Frage, wie das Gehirn kognitive Verarbeitungsprozesse bewerkstelligt

könnte. Eine Antwort hierauf liefern elektronische Netzwerke aus künstlichen Neuronen, mit denen höhere kognitive Prozesse modelliert werden (vgl. Anderson 2001, S. 30f.). Die neurobiologische Überprüfung des Netzwerkansatzes verdeutlichte, dass neuronale Prozesse nicht bloße Reaktionen auf äußere Umweltreize sind, sondern aufeinander Bezug nehmen. Als sinnlos erwies sich damit die Annahme, Struktur und Funktion von Gehirnen in Analogie zu Hardware- und Software-Komponenten zu beschreiben: „Die Architektur der Verschaltung von Nervenzellen *ist* das Programm, welches die Funktionen des Nervensystems festlegt.“ (Singer 2002b, S. 90) Auf der Grundlage dieser Einsicht gelang es, das schon länger bekannte Konzept der neuronalen Plastizität zu präzisieren. Dieses Konzept der Hirnentwicklung besagt, dass neuronale Verbindungen nicht starr und invariabel sind, sondern sich u.a. durch Erfahrung und Lernen verändern können (vgl. Andersen 2003).

3. Zerebralisierung des Lernens

Über die traditionelle behavioristische Psychologie geht die neurobiologische Lernforschung insofern hinaus, als sie Lernen nicht ausschließlich über beobachtbare Verhaltensänderungen identifiziert. Auf der neurobiologischen Beschreibungsebene ist von Lernen die Rede, „wenn Erfahrungen zu relativ dauerhaften Veränderungen im Nervensystem eines Organismus führen, die sich in Veränderungen seiner Wahrnehmungs- und Verhaltensdispositionen sowie – bei höheren Lebewesen – des Erlebens äußern und die im weitesten Sinn als Erwerb oder Modifikation von Information oder Wissen betrachtet werden können“ (Goschke 1996, S. 259). Deutlich wird damit zunächst einmal, dass sich Psychologie und Neurobiologie im Hinblick auf den Forschungsgegenstand und die Untersuchungsebene unterscheiden. Die Neurobiologie erweitert den bisherigen Forschungsfokus durch die Annahme, dass neu gelernte Verhaltensweisen vor allem von Prozessen im Nervensystem abhängen – eine Hypothese, die sich als ausgesprochen aufschlussreich für die Untersuchung kognitiver Phänomene erwiesen hat und durch neuere Verfahren der Hirnaktivitätsmessung untermauert wird. Jene Messungen „bilden (...) nicht nur das behaviorale Endprodukt, sondern auch das vermutliche, materielle Substrat mentaler Vorgänge in Zahlen ab“ (Jacobs 2006, S. 697). Im Kontext einer Zerebralisierung des Lernens treten jedoch auch Probleme zutage, die nicht zuletzt aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive von Interesse sind. Drei Problemfelder sollen in diesem Abschnitt beleuchtet werden.

(1) Theorie des Lernens: Um Lernprozesse zu beschreiben und zu operationalisieren, greifen Neurowissenschaftler auf aus der Psychologie bekannte Klassifikationen zurück (vgl. Kandel/Schwartz/Jessell 1996; Rosenzweig/Leimann/Breedlove 1999). Zum einen untersuchen sie basale Lernprozesse wie etwa das klassische Konditionieren, bei dem äußere Reize eine Reaktion auslösen. Zum anderen interessiert sich gerade die kognitive Neurobiologie für höhere kognitive Lernprozesse. Die Klassifikation basaler und komplexer Lernformen verweist auf ein sehr weites Verständnis von Lernen, denn jede Ver-

haltensänderung, die mit neuronalen Aktivitäten einhergeht, gilt als gelernt – ganz gleich, ob sie auf äußere Einwirkungen, Übung oder Reflexion zurückzuführen ist.

In behavioristischen Ansätzen wird Lernen stets als Beziehung zwischen Organismus und Umwelt definiert. Durch diesen Bezug auf exogene Faktoren galt Lernen lange Zeit als Pendant zu von endogenen Faktoren abhängigen Reifungsprozessen. Interessant ist nun, dass sich die Opposition von Reifung und Lernen aus neurobiologischer Perspektive nicht aufrechterhalten lässt, auch wenn außer Frage steht, dass manche Verhaltensänderungen nicht vor Erreichen eines bestimmten Entwicklungsstands möglich sind. Eine Entscheidung darüber, wo Reifung endet und Lernen anfängt, ist aus neurobiologischer Perspektive kaum möglich, da die ontogenetische Entwicklung des Gehirns von Erfahrung und Lernen abhängt (vgl. Singer 1991). Die Prinzipien, die der ontogenetischen Selbstorganisation und den Lernprozessen Heranwachsender und Erwachsener zugrunde liegen, „ähneln sich (...) bis in die molekularen Mechanismen“ (ebd., S. 120). Der Lernbegriff der behavioristischen Psychologie – Lernen als beobachtbare Reaktion auf Umweltreize – wird insofern von neurobiologischer Seite ergänzt und auf Entwicklungsprozesse ausgeweitet. Auf dieser Grundlage erübrigt es sich, zwischen anlagenbedingter Entwicklung und umwelt- und erfahrungsabhängigen Lernprozessen zu trennen, weil sich Hirnentwicklung im Durchgang durch Lernprozesse vollzieht. Eine solche Konzeption des Zusammenhangs von Entwicklung und Lernen eröffnet in ihrer theoretischen Komplexität neue Anschlussmöglichkeiten, z.B. im Hinblick auf die pädagogische Reflexionstradition. In forschungspraktischer Hinsicht wird es freilich schwieriger, allein von externen Inputs auszugehen und diese in Relation zum Output zu setzen.

An der neurobiologischen Lernforschung fällt auf, dass die untersuchten Grundlagen des Lernens in erster Linie über formale Kriterien bestimmt werden, während inhaltliche Spezifikationen keine ausschlaggebende Rolle spielen. Bei der Untersuchung von Lernprozessen interessiert vor allem, *wie* gelernt wird, und nicht: wie *etwas* gelernt wird. Dies stellt nicht von vornherein ein Problem dar, sondern ist als eine forschungspraktisch gerechtfertigte Beschränkung zu verstehen. Die differenzierte Erforschung der neurobiologischen Grundlagen von Lernprozessen gelingt nämlich genau dann am besten, wenn andere Variablen, die Reaktionen eventuell beeinflussen, ausgeschlossen werden können, d.h. wenn die theoretisch intendierte Komplexität im Experiment wieder radikal reduziert wird.

(2) Methodologie: Eine weitere Problematik der neurobiologischen Lernforschung ergibt sich aus dem methodologischen Postulat, allein beobachtbare Zusammenhänge zwischen neuronalen Prozessen und Verhaltensreaktionen zu untersuchen (vgl. Kischka/Wallesch/Wolf 1997). So wird betont, eine objektive Beobachtung gelinge auch im Hinblick auf komplexe kognitive Phänomene und nicht nur bei einfach strukturierten Organismen: „Die zunehmende Verfeinerung der Beobachtungsinstrumente und der Theoriebildung hat (...) die Möglichkeit eröffnet, auch die höheren kognitiven Leistungen komplexer Gehirne als objektivierbare Verhaltensleistungen aus der Dritten-Person-Perspektive darzustellen und zu analysieren.“ (Singer 2002a, S. 145f.).

In einer wissenschaftssoziologischen Untersuchung der neurowissenschaftlichen Forschungspraxis konnte Gesa Lindemann (2005) indes überzeugend nachweisen, dass eine vollständige Kontrolle der Experimentalsituation nicht in allen Fällen gelingt. Sowohl der Grad der Kontrolle des Forschungsobjekts durch die Forschenden als auch der Grad der Integration des Forschungsobjekts in die jeweilige Versuchsanordnung können beträchtlich variieren. So ist es ein Unterschied, ob die neuronalen Grundlagen kognitiver Prozesse (1) an Hirngewebescheibchen untersucht werden oder (2) an Gehirnen narkotisierter Probanden, (3) an Gehirnen wacher Probanden oder (4) an Probanden, die sich selbstständig in ein experimentelles Setting integrieren sollen. Lindemann zeigt, dass Experimente mit wachen und sich selbst integrierenden Probanden auf Verstehensleistungen von Proband und Forscher angewiesen sind, weil die vollständige Einbindung in ein kontrolliertes Verfahren, „das alle Aktivität auf der Seite des Forschers belässt“ (ebd., S. 772), in dieser Situation nicht gelingt.

Im Fall einer Untersuchung von Hirngewebe findet die weitestgehende Kontrolle statt, auch auf die Gefahr hin, „dass das zu untersuchende Phänomen nicht mehr als solches existieren kann“ (ebd., S. 773). Im zweiten Fall wird der Organismus „auf den Status eines organischen Umfeldes der neuronalen Reizverarbeitung reduziert, das durch Narkose kontrolliert wird“ (ebd., S. 774). Erst im dritten Fall, etwa bei Lernexperimenten mit Makakenaffen, ist die Kontrolle soweit zurückgenommen, dass es im Experiment nicht ausschließlich um die neuronale Verarbeitung eines Reizes geht. „Bei der Erforschung der wachen Probandin kommt etwas qualitativ Neues ins Spiel. Der Organismus wird als solcher für das Experiment relevant. Auch hier ist das Ziel der Forschung weiterhin das Organ Gehirn, aber es muss in der Forschungspraxis so genommen werden, wie es für den Organismus fungiert. Wenn der Organismus als ganzer ins Spiel kommt, wird das Gegenüber der Forschung zu einer offenen Frage.“ (ebd., S. 780)

Lindemanns Analysen korrespondieren mit Ergebnissen aus der neurobiologischen Lernforschung. Deutlich wird dabei, dass die Erforschung der neuronalen Grundlagen basaler Lernprozesse bislang vor allem an Tieren erfolgte, die einerseits über eine sehr geringe Anzahl von Neuronen verfügen, andererseits wenig verschiedene Neuronentypen aufweisen. Beides unterscheidet sie deutlich von Menschen. Die Lernmechanismen, die sich beispielsweise bei der mit etwa 20.000 Nervenzellen ausgestatteten Meereschnecke *Aplysia* nachweisen lassen, deuten zwar darauf hin, dass Lernen das Ergebnis funktioneller Veränderungen spezifischer Nervenzellen und ihrer Verbindungen ist (vgl. Kandel/Hawkins 1994). Da hierbei jedoch Reiz-Reaktions-Beziehungen im Sinne der klassischen Konditionierung untersucht wurden, ist auch unter Neurobiologen fraglich, was diese Ergebnisse über andere Lerntypen und Lernen im Allgemeinen aussagen. Umstritten ist unter anderem, ob die bislang erforschten synaptischen Veränderungen überhaupt konstitutiv für Lernen und Gedächtnisbildung bei Säugetieren sind oder ob sie lediglich begleitende Ereignisse darstellen (vgl. Roth 2003, S. 163f.).

(3) Anthropologie: Das Anknüpfen der neurobiologischen Lernforschung an die anthropologischen Annahmen des methodologischen Behaviorismus markiert einen weiteren Problembereich. In der neurobiologischen Forschung herrscht Konsens darüber,

dass die neuronalen Mechanismen, die an stammesgeschichtlich weit von der Spezies Mensch entfernten Tieren untersucht werden, zumindest in struktureller und funktionaler Hinsicht auch auf Menschen zutreffen. Aus neurobiologischer Sicht lässt sich dasjenige, was über die zellulären Eigenschaften von Schnecken und anderen Weichtieren zu lernen sei, „in der Regel direkt auf höhere Säuger und den Menschen übertragen“ (Singer 2002b, S. 63), da die Neurobiologie überzeugende Beweise dafür liefere, „daß menschliche und tierische Gehirne sich fast nicht unterscheiden, daß ihre Entwicklung, ihr Aufbau und ihre Funktionen den gleichen Prinzipien gehorchen“ (Singer 2002a, S. 147).

Es besteht kein Grund daran zu zweifeln, dass sich die zellulären Eigenschaften von Schnecken und Menschen ähneln und strukturelle und funktionale Ähnlichkeiten zwischen tierischen und menschlichen Gehirnen bestehen. Mit der Frage nach der in die neurobiologische Forschungspraxis eingehenden Anthropologie lässt sich indes etwas anderes verdeutlichen: Indem Neurobiologen vor allem auf diejenigen Ähnlichkeiten zwischen Tieren und Menschen hinweisen, die sie empirisch gut belegen können, erweisen sie sich als Spezialisten für natürliche Phänomene der *Kontinuität*. Ähnlich wie Vertreter des methodologischen Behaviorismus nehmen sie keine Sonderstellung des Menschen in der Natur an. Sie sehen Menschen und andere Tiere, die neurowissenschaftlich erforscht werden, als Bestandteil der einen Natur.

Dies zeigt sich auch bei hirnphysiologischen Untersuchungen, denn dort interessiert man sich vor allem dafür, welchen Einfluss die Ausschüttung von Hormonen und Neurotransmittern (wie Dopamin und Adrenalin) auf Lernprozesse hat. Besonders am Erlernen motorischer Fertigkeiten und Gewohnheiten bei Mäusen, Ratten und Tieraffen haben Neurowissenschaftler diesen Zusammenhang untersucht (vgl. Squire/Kandel 1999, S. 190ff.). Daneben erforscht man emotional besetzte Lernprozesse wie Angst und Schmerz bei Ratten und Mäusen. In ihrer Forschungspraxis und bei der Interpretation ihrer Befunde gehen Neurobiologen nicht davon aus, dass es prinzipielle Unterschiede zwischen Menschen und Tieren gibt. Indem sie Tiermodelle als Probierstein für Aussagen über menschliches Lernen betrachten, richten sie ihren Blick vielmehr auf graduelle Differenzen, die das Ergebnis evolutionärer Prozesse sind. Doch auch hier taucht die Frage auf, „inwieweit solche hauptsächlich an Tieren gefundenen Resultate sich auf sprachbegabte soziale Wesen übertragen lassen“ (Jacobs/Hutzler/Engl 2006, S. 81). So sei neurowissenschaftlich kaum untersucht, welche Bedeutung Sprache beim „Belohnungslernen“ im Alltag und im Kontext von Schule zukommt, d.h. ob etwa durch verbales Lob ähnliche Lernmechanismen aktiviert werden wie durch Nahrung oder durch Drogen (vgl. ebd.) Kognitionspsychologen weisen darauf hin, dass diese und ähnliche Fragen ein neues Forschungsprogramm erfordern, „das jedoch auf bestimmte Methoden, die bei Ratten und Affen eingesetzt werden, verzichten muss“ (ebd.).

Der hier skizzierte Überblick verweist auf Fragen, die im Überschneidungsbereich von behavioristischer, neurobiologischer und kognitionspsychologischer Lernforschung liegen. Inwiefern diese Fragen aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive relevant sind, wird im nächsten Abschnitt untersucht.

4. Lernen aus pädagogischer Sicht: alte und neue Herausforderungen

Angesichts der forschungspraktischen Ähnlichkeiten zwischen Neurobiologie und behavioristischen Ansätzen liegt es nahe zu fragen, ob sich bei dem Versuch, Forschungsergebnisse aus der Neurowissenschaften an pädagogisches Wissen anzuschließen, ähnliche Probleme zeigen wie bei dem Versuch, die behavioristische Lernpsychologie auf pädagogische Problemstellungen zu beziehen. Diese Frage ist einerseits nicht ohne Reiz, weil sie den Blick öffnet für systematische und historische Zusammenhänge in der pädagogischen Auseinandersetzung mit verhaltenswissenschaftlichen Erklärungsansätzen. Andererseits wäre es leichtfertig, aus dieser Frage die Wiederkehr des Immergleichen abzuleiten und dies als Geschäftsgrundlage für aktuelle und zukünftige Debatten zu betrachten. Ähnlich fruchtlos wäre es, Behaviorismus und Neurobiologie allein ihre Unzulänglichkeiten vorzuhalten und sie gegen eine pädagogische Reflexionstradition auszuspielen.

Der Hinweis auf eine Parallele zwischen behavioristischer und neurobiologischer Lernforschung ist eher aus einem anderen Grund von Belang. In der fachwissenschaftlichen Diskussion wird zuweilen der Eindruck erzeugt, die Hirnforschung gehe deutlich über die behavioristische Lernpsychologie hinaus und eröffne nicht zuletzt deshalb Pädagogik und Erziehungswissenschaft ganz neue Anschlussmöglichkeiten (z.B. Lakomski 2003; Ansari/Coch 2005). Wie bereits angedeutet, sind es vor allem konstruktivistische Annahmen, die Eingang in die neurobiologische Theoriebildung gefunden haben (Konnektionismus) und sich als ein attraktiver Bezugspunkt erziehungswissenschaftlicher Reflexion erweisen. Allerdings bleibt die konkrete, am methodologischen Behaviorismus orientierte Forschungspraxis der Neurobiologie in diesem Fall unberücksichtigt. Zudem deklarieren Neurowissenschaftler, die eine Verbindung zur Pädagogik suchen, Lernen als genuinen Gegenstand ihres Forschungsfeldes (vgl. Spitzer 2002, 2006), ohne an Parallelen zur behavioristischen Lernpsychologie zu erinnern.

Kontroversen der vergangenen siebzig Jahre haben gezeigt, dass die behavioristische Lernpsychologie sich eher als inkompatibel mit einer pädagogischen Sicht auf Lernen erweist, denn sie definiert Lernen allein *formal*: als beobachtbare Verhaltensänderung aufgrund von Erfahrungen. Der behavioristische Lernbegriff ist derart global, dass er auch für Tiere, Maschinen oder Organisationen verwendet werden kann (vgl. Meyer-Drawe 2003). Das allein disqualifiziert ihn sicherlich noch nicht, doch ist fraglich, ob Besonderheiten und Eigentümlichkeiten pädagogischer Prozesse unter solch einer globalen Perspektive in den Blick geraten. An drei zentrale Einwände gegen die behavioristische Lernpsychologie sei an dieser Stelle erinnert (vgl. Benner/Oelkers/Ruhloff 1988; Herzog 2005, S. 116f.).

(1) Aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive steht nicht individuelles Lernen, sondern der *Zusammenhang von Lernen und Lehren* im Vordergrund. Pädagogik und Erziehungswissenschaft interessieren sich gemeinhin nicht allein für Lernprozesse, sondern für die Frage, inwiefern Lernprozesse pädagogischem Handeln zugänglich sind und durch Lehre beeinflusst werden können.

(2) Daraus ergibt sich der Hinweis auf die *soziale Einbettung von Lernprozessen*. Aus pädagogischer Perspektive interessiert nicht ein isoliertes Lernen, das Ähnlichkeiten mit einer Laborsituation hat, sondern Lernen in sozialen und kulturellen Kontexten. Lernen, so wie es behavioristische Ansätze erforschen, sagt wenig über die soziale Grundierung von Lernprozessen, über ihre Komplexität und ihre interaktiven und intersubjektiven Aspekte aus.

(3) Ein dritter Einwand bezieht sich auf die Bedeutung der *Inhalte des Lernens*. Einen Grund für die geringe Anschlussfähigkeit des Behaviorismus an pädagogische Problemstellungen sah man darin, dass die behavioristische Lernforschung zwar über das *Wie* von Lernvorgängen Auskunft geben kann, das *Was* aber offen lässt. Genau dies, der zu lernende Sachverhalt und die sich aus der Struktur des Sachverhalts ergebende operative Frage nach seiner Vermittlung, ist aber aus pädagogischer Perspektive zentral.

Anhand dieser klassischen Einwände wird nicht nur deutlich, welche Fragen Pädagogik und Erziehungswissenschaft gleichermaßen interessieren, sondern auch, welche Fragen die Erforschung von Lernprozessen berücksichtigen muss, wenn sie pädagogische Theorie und Praxis nachhaltig betreffen möchte. Man kommt vermutlich relativ schnell zu dem Schluss, dass diese Fragen nicht schon von einer empirisch-experimentell ausgerichteten Lernforschung behavioristischer oder neurobiologischer Façon zu beantwortet sind.

Die Einwände gegen eine behavioristische Lernpsychologie weisen darauf hin, wie stabil und konstant die erziehungswissenschaftliche Perspektive auf Lernen ist. In dieser Perspektive interessiert nicht allein, was sich aus dem Lernen von Schnecken, Ratten oder Katzen über das Lernen von Menschen ableiten lässt. Pädagogische Disziplin und Profession kennzeichnet vielmehr ein spezifisches Interesse am Lernen, das sich nicht allein auf Kontinuitäten und Gemeinsamkeiten zwischen Menschen und anderen Tieren richtet, sondern auch oder gerade *Diskontinuitäten* und Unterschiede zwischen den verschiedenen Spezies berücksichtigt. Die Gründe für ein solches spezifisches Interesse liegen nicht zwangsläufig in einer pädagogischen Anthropologie, die auf einer Sonderstellung des Menschen insistiert. Vielmehr geht es darum, die Bedingungen der Möglichkeit von Erziehung und Bildung im Blick zu behalten, ohne ausschließlich auf einen Blickwinkel festgelegt zu sein.

5. Systematische Probleme beim Transfer neurowissenschaftlichen Wissens

Das zuvor gesagte soll an zwei Beispielen illustriert werden, die sich auf die pädagogische Aussagekraft kognitiver Neurobiologie beziehen. Sie ermöglichen eine Präzisierung des pädagogischen Lernbegriffs und fordern zu einer Klärung des Zusammenhangs zwischen komplexen Lernprozessen und neuronalen Prozessen heraus.

5.1 *Lernen und neuronale Plastizität*

In der aktuellen Debatte um die pädagogischen Implikationen neurobiologischer Lernforschung hat Elsbeth Stern (2004) vor Pauschalisierungen und Verkürzungen gewarnt und auf die „Bereichsspezifität des Lernens“ (S. 533) hingewiesen. Stern unterscheidet in diesem Kontext zwischen privilegierten und nicht-privilegierten Lernprozessen; sie knüpft damit an die aus der neurobiologischen Forschung bekannte Differenz von kritischen und sensiblen Phasen der Hirnentwicklung an (vgl. Blakemore/Frith 2006). Kritische Phasen zeichnen sich dadurch aus, dass genetisch festgelegte Entwicklungsmechanismen Erfahrungen benötigen, um in Gang gesetzt zu werden. Genau das ist z.B. bei der Entwicklung des Sehvermögens der Fall: Fehlt die Erfahrung, bleibt die Entwicklung aus und kann später nicht in gleicher Weise nachgeholt werden. Von sensiblen Phasen ist hingegen dann die Rede, wenn Hirnentwicklungen durch Erfahrungen verstärkt oder begünstigt werden. Fehlt eine Erfahrung, so lässt sie sich später immer noch nachholen, auch wenn das Lernen dann vielleicht nicht mehr so leicht fällt. Irreversible Konsequenzen für die Hirnarchitektur hat das Ausbleiben von Erfahrungen in solchen Fällen jedenfalls nicht.

Manche Hirnareale, so könnte man sagen, warten darauf, bestimmte Arten von Reizen in der Umwelt vorzufinden, um ihre Funktion ausbilden zu können und ihre Leistung einer Feinabstimmung zu unterziehen. Genau das geschieht, wenn z.B. der visuelle Kortex die Sehfunktion ausbildet. Daneben existiert ein Mechanismus der Hirnentwicklung, der es Tieren erlaubt, ein Wissen zu erwerben, das auf ihre spezifische Umwelt bezogen ist. Ein Tier muss lernen, wer ein Artgenosse ist, wo sich Nahrungsquellen befinden, wohin es unter Umständen fliehen kann etc. Da Erfahrung für die Hirnentwicklung nicht in allen Fällen die gleiche Rolle spielt, wird in der neurowissenschaftlichen Forschung zwischen zwei Typen von Plastizität unterschieden: Während es in kritischen Phasen um *erfahrungserwartende Plastizität* geht, ist in sensiblen Phasen *erfahrungsabhängige Plastizität* von Belang (vgl. Greenough/Black/Wallace 1987; Bruer 2000, S. 139f.).

Relevant ist diese Unterscheidung vor allem, weil sie es erlaubt, die pädagogische Bedeutung verschiedener Phasen der Hirnentwicklung realistisch einzuschätzen. Dabei zeigt sich, dass jene Lernprozesse, die durch Erziehung und Unterricht initiiert werden können, nicht unmittelbar von kritischen Phasen betroffen sind. Diese spielen nur bei grundlegenden, genetisch festgelegten Lernprozessen eine Rolle; dies betrifft u.a. verschiedene Wahrnehmungsvermögen wie das Sehen oder die Fähigkeit, Sprachlaute und Gesichter voneinander zu unterscheiden. In diesen Bereichen vollzieht sich ein *privilegiertes* Lernen, d.h. biologische Entwicklungsprogramme legen fest, welche Faktoren (Umweltbedingungen, Erfahrungen) welche Lernprozesse auslösen und wie sich diese Lernprozesse vollziehen. Bei *nicht-privilegierten* Lernprozessen ist hingegen nicht vorgegeben, welche Faktoren welche Lernprozesse auslösen und wie sich diese Lernprozesse vollziehen. Genau hier wird es aber aus pädagogischer Perspektive interessant, denn nicht-privilegiertes Lernen umfasst all jene Inhalte und Fähigkeiten, die Unterricht zu vermitteln versucht. Nicht schon qua Natur (oder: qua Gehirn) sind Menschen auf den

Erwerb dieser Fähigkeiten vorbereitet. Lesen, Schreiben und Rechnen werden nicht zuletzt deshalb als *Kulturtechniken* bezeichnet, weil sie in der kurzen Zeit kultureller Evolution entstanden sind (vgl. Tomasello 2002; Stern/Grabner/Schumacher 2005, S. 31f.). Erfahrungsabhängige Hirnplastizität gilt als Voraussetzung dafür, dass Menschen ein solches Wissen erwerben können, denn sie versetzt in die Lage, zu lernen und sich mit Welt auseinander zu setzen.

5.2 Differenzen zwischen neurobiologischer und pädagogischer Erklärungsebene

Da jene Inhalte und Fähigkeiten, die man durch Erziehung und Unterricht zu vermitteln sucht, Produkte kultureller Evolution sind, ist das menschliche Gehirn nicht schon an sich darauf vorbereitet, sie zu erlernen. „Folglich muss die Beschreibung der Voraussetzungen für diese Art des Lernens über die Beschreibung der Bedingungen, die aufseiten des menschlichen Gehirns erfüllt werden müssen, hinausgehen und zusätzlich weitere externe – vor allem kulturelle – Faktoren einbeziehen, die für erfolgreiches nicht-privilegiertes Lernen relevant sind.“ (Schumacher 2006, S. 179) Es ist unnötig zu betonen, dass Lernende *ohne* Gehirn nichts lernen können und Gehirne insofern notwendige Voraussetzungen von Lernprozessen sind. Aus pädagogischer Sicht ist entscheidend, dass Gehirne keine hinreichende Bedingung darstellen, damit Heranwachsende Lesen, Schreiben oder Rechnen lernen, denn für den Erwerb dieser Fähigkeiten ist in der Regel gezielte Unterweisung nötig. Ein solcher Unterricht greift nicht unmittelbar auf biologische Voraussetzungen zurück, um Prozesse nicht-privilegierten Lernens zu initiieren, sondern knüpft an die individuelle Lerngeschichte und an den spezifischen Wissenstand derjenigen an, die unterwiesen werden.

Dass es für die Beschreibung eben jener „Wissensvoraussetzungen“ (ebd.) der Lernenden nicht hinreichend ist, allein die neurobiologische Erklärungsebene in Betracht zu ziehen, lässt sich anhand des Begriffs der Emergenz demonstrieren. Als emergent bezeichnet man solche Phänomene, die auf anderen Phänomenen basieren, ohne dass diese jene verursachen. Aus diesem Grund lassen sich emergente Phänomene nicht auf ihre Grundlagen zurückführen. In der Philosophie des Geistes erläutert man den Zusammenhang von grundlegenden und komplexen Phänomenen im Rückgriff auf den Begriff der Supervenienz (zur Übersicht vgl. Schröder 2004, S. 41ff.). Gemeint ist damit die Möglichkeit, einen Sachverhalt aus verschiedenen theoretischen Perspektiven und auf verschiedenen Ebenen (z.B. neurobiologisch, psychologisch oder erziehungswissenschaftlich) zu beschreiben. Auf der Basis des Supervenienz-Modells muss man nicht allein einen naturalistischen Fehlschluss in Betracht ziehen, wenn von einer Erklärungsebene auf eine andere Erklärungsebene extrapoliert wird. Der Begriff der Supervenienz räumt die Möglichkeit ein, bei der Beschreibung komplexer Sachverhalte Kontinuität und Diskontinuität im Zusammenhang zu betrachten. Zwischen grundlegenden und komplexen Phänomenen besteht demnach eine asymmetrische Relation (vgl. Schröder 2004, S. 42), denn grundlegende Phänomene bestimmen komplexe Phänomene zwar,

verursachen sie jedoch nicht. Damit ist die Möglichkeit in Betracht gezogen, dass ein komplexer Sachverhalt durch grundlegende Sachverhalte zustande kommt, umgekehrt jedoch nicht auf diese Grundlagen zurückgeführt werden kann (vgl. kritisch Searle 2004, S. 103f.).

Das eben Gesagte lässt sich anhand der Befunde zur erfahrungsabhängigen Hirnplastizität konkretisieren: Allein aus dem Wissen, *dass* Erfahrungen sich auf die Hirnentwicklung auswirken, lässt sich nicht ableiten, *welche* Erfahrungen notwendig sind, also wie diese Erfahrungen inhaltlich zu spezifizieren sind. Dass die Ergebnisse der neurobiologischen Lernforschung hierüber keine Auskunft geben, erweist sich jedoch nicht von vornherein als Problem. Problematisch wird dies erst, wenn Neurowissenschaftler behaupten, sie wüssten nicht nur, wie sich Lernprozesse vollziehen, sondern auch: wie sie im Hinblick auf die inhaltlichen Aspekte von Unterricht beeinflusst und gefördert werden können. Hierfür sind jedoch in erster Linie erziehungswissenschaftliche und kognitionspsychologische Erklärungen erforderlich (vgl. Stern/Grabner/Schumacher 2005).

In diesem Zusammenhang taucht ein weiteres Problem auf, denn bislang war nur die Rede vom einzelnen Gehirn, das auf unterschiedlichen Komplexitätsstufen beschrieben werden kann. Schwieriger wird es, wenn es nicht nur um ein singuläres Gehirn und dessen kognitive Leistungen geht, sondern um komplexe kulturelle Kontexte. Dies betrifft soziale Interaktionen in Erziehungssituationen ebenso wie individuelle Bildungsprozesse, die sich in Schulen, Familien oder in einem anderen Rahmen vollziehen. Trotz seiner Unverzichtbarkeit ist das Gehirn in diesen Kontexten nur ein Faktor neben anderen. Aus diesem Grund kann seine Beschreibung nicht schon all jene Aspekte erfassen, die etwa für das Aufstellen von konkreten Anleitungen zur Wissensvermittlung im Schulunterricht relevant sind (vgl. Schumacher 2006, S. 180ff.). Zum Problem wird dies vor allem dann, wenn Neurobiologen die These vertreten, die neurobiologische Erklärungsebene stelle die *eigentlich* relevante Ebene bei der Erklärung von Lernprozessen dar, die im Kontext von Schule und Unterricht auftreten (z.B. Ansari/Coch 2006). Das durch die neurowissenschaftliche Lernforschung bereitgestellte Wissen reicht jedoch nicht aus, um auf pädagogische Problemstellungen übertragen oder in der Unterrichtsgestaltung angewendet zu werden, denn pädagogische Situationen gehen weder in neurophysiologischen Lernprozessen auf noch können sie restlos in diese zerlegt werden.

Somit stellt sich die Frage nach einem Lernbegriff, der pädagogischen Situationen angemessen ist. Allein aus dem hypothetisch-experimentellen Wissen, das die neurobiologische Lernforschung zur Verfügung stellt, lässt sich ein solcher Lernbegriff nicht destillieren. Aus pädagogischer Perspektive, darauf hat jüngst Klaus Prange (2005) hingewiesen, zeigt sich Lernen „im Zusammenhang einer spezifischen Lehraufgabe und Erziehungsabsicht“ (S. 83). Gemeint ist damit, dass nicht jedwede Form des Lernens pädagogisch relevant sein muss, sondern spezifische Formen des Lernens interessieren: Lernen lässt sich dabei in erster Linie als ein Lernen vom anderen verstehen, als Prozess der Interaktion, in dem sowohl gelernt als auch gelehrt wird. Als ein dritter Faktor von Lehr-Lern-Prozessen tritt der Gegenstand hinzu, der in Prozessen der Vermittlung durch Lehrende und der Aneignung durch Lernende konstruiert wird.

Diese Erinnerung an zentrale Elemente pädagogischer Situationen ist hilfreich, um genauer einschätzen zu können, in welcher Hinsicht die zeitgenössische Neurobiologie mit einem pädagogisch relevanten Wissen aufwartet. Aus der Diskussion über die Anwendung von Ergebnissen aus der Lernpsychologie im Unterricht ist bekannt, dass ein im Kontext wissenschaftlicher Forschung gewonnenes Wissen allein nicht ausreicht, um Unterricht gestalten zu können. Nötig sind hierfür auch präskriptive Wissensbestände sowie operativ-gestalterische Fähigkeiten (vgl. Terhart 2006, S. 83). Hinzu kommt, dass neurowissenschaftliches Wissen nur eine Variante deskriptiv-analytischen Wissens darstellt. Für die Erforschung von Lehr-Lern-Prozessen ist ein deskriptives Wissen, das über die Gehirnzentrierung neurophysiologischer Erklärungen und die Individuum-zentrierung kognitionspsychologischer Erklärungen hinausgeht und die Ebene sozialer Interaktion beschreibt, ebenfalls von Bedeutung. Sinnvoll erscheint es deshalb, die neurowissenschaftliche Grundlagenforschung (z.B. Gallese 2005) auf Anschlussmöglichkeiten an andere Formen deskriptiven Wissens hin zu befragen, die aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive relevant sind.

6. Fazit und Ausblick

Was lässt sich nun aus den vorangegangenen Überlegungen schlussfolgern? Zunächst einmal wird deutlich, dass nicht allein Debatten, in denen man anthropologische Grundsatzfragen traktiert oder um ein neurowissenschaftlich fundiertes Menschenbild streitet, für eine erziehungswissenschaftliche Diskussion neurowissenschaftlicher Forschungsergebnisse aufschlussreich sein können. In diesem Beitrag wurde der Versuch unternommen, konzeptionelle und methodologische Prämissen zu fokussieren, die innerhalb der neurobiologischen Forschungspraxis zur Konstruktion des Untersuchungsgegenstands Gehirn beitragen. Gerade in dem Moment, in dem Ergebnisse der neurobiologischen Lernforschung auf das Lernen in pädagogischen Kontexten, auf Unterricht und Schule bezogen werden, bedürfen die anthropologischen und pädagogischen Implikationen neurobiologischer Forschungspraxis einer Explikation.

Trotz der wiederholt annoncierten technischen Fortschritte der neurobiologischen Lernforschung lassen sich Parallelen zum methodologischen Behaviorismus aufzeigen, die eine neurowissenschaftlich begründete Revision pädagogischer Sichtweisen auf Lernen zumindest fraglich erscheinen lassen. Genau zu prüfen ist vor allem, ob die neurobiologische Lernforschung an die behavioristische Tradition in Form eines ‚Neobehaviorismus neuronaler Prozesse‘ anschließt. Zwar wird die Zusammenarbeit von Pädagogik und kognitiver Neurowissenschaft als viel versprechendes Projekt ausgegeben, das von wechselseitigem Nutzen ist, doch wird zugleich behauptet, es bedürfe einer neurobiologischen Grundlegung der Pädagogik, die pädagogischen Akteuren nicht nur ein besseres Verständnis davon ermöglicht, „what works“ (...), but also an understanding of *why* and *how* it does or does not work“ (Ansari/Coch 2006, S. 149). Wie weiter oben deutlich wurde, ist es aber bislang noch nicht gelungen, die neurobiologischen Grund-

lagen des Lernens überzeugend darzulegen, so dass es voreilig wäre, schon heute eine neurobiologische Grundlegung pädagogischer Praxis anzuvisieren (vgl. Gyseler 2006).

In jüngster Zeit konnte vor allem der sozialreformerische Elan einiger Neurowissenschaftler und deren Werben für positive Technologien irritieren (vgl. kritisch Kuhlmann 2004). In der gegenwärtigen Debatte werden neurobiologische Forschungsergebnisse zu basalen Lernmechanismen in Verbindung gebracht mit einer Semantik der Optimierung, die sich in Slogans wie „Unser Gehirn lernt immer!“ (Spitzer 2002, S. 11) niederschlägt. Da Gehirne immer lernen, sei es nicht entscheidend, „dass der Lehrer irgendwelche didaktischen Tricks beherrscht. Wenn er seine Schüler mag und sie ihn, wird der Unterricht vorangehen. Wenn dies nicht der Fall ist, kommt wenig Fruchtbare heraus.“ (ebd., S. 413). Gerade die Schlichtheit und Leichtfertigkeit einer solchen Empfehlung lässt den Eindruck entstehen, dass manchem Hirnforscher – im Verbund mit bildungspolitischen Fraktionen und Teilen des pädagogischen Milieus – eine „gehirngerechte“ Reform von Schule und Unterricht vorschwebt. Deutlich wird dies nicht zuletzt in der Forderung nach einer „evidenzbasierten Pädagogik“, die sich methodisch an der Medizin orientieren soll (vgl. Spitzer 2006). Auch auf diesem Wege finden Stichworte aus der internationalen bildungspolitischen Diskussion wie „scientifically-based research“ und „evidence-based politics“ Eingang in die deutschsprachige Debatte (vgl. Bellmann 2006).

Lässt man die aktuellen Reformbemühungen einmal beiseite und schaut auf die Struktur des Diskurses, in dem nach einer Übertragung natur- und biowissenschaftlicher Erklärungsansätze und Forschungsergebnisse in pädagogisches Handeln gefragt wird, so erweist sich diese als relativ konstant und robust. Nur auf den ersten Blick kann Lernen als gemeinsames Thema von Neurowissenschaft und Pädagogik in Betracht gezogen werden, aus dem sich interdisziplinäre Kooperationschancen ergeben. Erziehungswissenschaftliche Analysen, die weniger auf die pädagogische Nutzung aktueller Forschungstrends abheben, sondern nach historischen Verbindungslinien und systematischen Problemen fragen, haben dies bereits gezeigt (z.B. Becker 2006; Terhart 2006).

Auch wenn gegenwärtig kein abschließendes Urteil über den Einfluss der Neurobiologie auf die pädagogisches Handeln begleitende Anthropologie möglich ist, kann es doch lohnen, einen Ausblick zu wagen und die Frage zu stellen, wie das Verhältnis von Pädagogik und Neurowissenschaften in Zukunft aussehen könnte. Manche Erziehungswissenschaftler vermuten, dass nach einem interdisziplinären Austausch über Gemeinsamkeiten und Unterschiede das wechselseitige Interesse eher abnimmt und ein neues Stillhalteabkommen geschlossen wird. Andere setzen schon heute auf eine Synthese von Hirn- und Bildungsforschung und werden dieses Programm auch weiterhin verfolgen. Meine Vermutung ist, dass die Spannungen zwischen Neurobiologie, Erziehungswissenschaft und pädagogischer Praxis noch eine Weile erhalten bleiben. Der unterschwellige Grund dafür könnte in der neurobiologischen Auflösung von anthropologisch und pädagogisch folgenreichen Oppositionspaaren wie Entwicklung und Lernen liegen (vgl. Abschnitt 3). Deren Auflösung gewährleistet nicht nur die Resonanz des pädagogischen Publikums, sondern ermöglicht es Neurowissenschaftlern, in ihren pädagogischen Bemerkungen zwischen reformpädagogischer Semantik und technologi-

schem Vokabular hin und her zu oszillieren (z.B. Singer 2003). Ist vielleicht gerade die pädagogische Unterbestimmtheit ein Garant für die pädagogische Anschlussfähigkeit neurobiologischer Forschung? Diese Frage ergibt sich aus der Beobachtung, dass die Neurobiologie ein Wissen zur Verfügung stellt, mit dem sich zwar die Möglichkeit und Notwendigkeit pädagogischen Handelns begründen und anders als bislang beschreiben lässt, aus dem jedoch keine dezidiert pädagogischen Schlussfolgerungen zu ziehen sind. Der angedeutete Zusammenhang zwischen Neurobiologie und Pädagogik lässt sich überprüfen, indem man weiterhin die Schnittstellen untersucht, an denen neurobiologische Forschungsergebnisse im pädagogischen Milieu zum Einsatz gelangen. Eine solche Arbeit kann sich sowohl für historische als auch grundagentheoretische Bildungsfor-schung lohnen.

Literatur

- Andersen, S.L. (2003): Trajectories of brain development: point of vulnerability or window of opportunity. In: *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 27, S. 3-18.
- Anderson, J.R. (2001): *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Ansari, D./Coch, D. (2006): Bridges over troubled waters: education and cognitive neuroscience. In: *Trends in Cognitive Sciences* 10, S. 146-151.
- Becker, N. (2006): *Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Bellmann, J. (2006): Bildungsforschung und Bildungspolitik im Zeitalter ‚Neuer Steuerung‘. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 52, S. 487-504.
- Benner, D./Oelkers, J./Ruhloff, J. (1988): Lernen: Nicht nur ein psychologisches Thema. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 34, S. 295-297.
- Blakemore, S.-J./Frith, U. (2006): *Wie wir lernen. Was die Hirnforschung darüber weiß*. München: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Bruer, J.T. (2000): *Der Mythos der ersten drei Jahre. Warum wir lebenslang lernen*. Weinheim u.a.: Beltz.
- Changeux, J.-P. (1984): *Der neuronale Mensch. Wie die Seele funktioniert – die Entdeckungen der neuen Gehirnforschung*. Reinbek: Rowohlt.
- Engel, A.K./König, P. (1998): Das neurobiologische Wahrnehmungsparadigma. Eine kritische Bestandsaufnahme. In: Gold, P./Engel, A. K. (Hrsg.): *Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, S. 156-194.
- Gallese, V. (2005): Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. In: *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 4, S. 23-48.
- Giesinger, J. (2006): Erziehung der Gehirne? Willensfreiheit, Hirnforschung und Pädagogik. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9, S. 97-109.
- Goschke, T. (1996): Lernen und Gedächtnis: Mentale Prozesse und Gehirnstrukturen. In: Roth, G./Prinz, W. (Hrsg.): *Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen*. Heidelberg: Spektrum, S. 359-410.
- Greenough, W.T./Black, J.E./Wallace, C.S. (1987): Experience and Brain Development. In: *Child Development* 58, S. 539-559.
- Gyseler, D. (2006): Problemfall Neuropädagogik. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 52, S. 555-570.
- Herzog, W. (2005): *Pädagogik und Psychologie. Eine Einführung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Jacobs, A.M. (2006): Messung der Hirnaktivität. In: Funke, J./Frensch, P. A. (Hrsg.): *Handbuch der Allgemeinen Psychologie – Kognition*. Göttingen: Hogrefe, S. 697-704.

- Jacobs, A.M./Hutzler, F./Engl, V. (2006): Dem Geist auf der Spur: Neurokognitive Methoden zur Messung von Lern- und Gedächtnisprozessen. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Beiheft 5-06, S. 71-86.
- Kandel, E.R./Hawkins, R.D. (1994): Molekulare Grundlagen des Lernens. In: Gehirn und Bewusstsein. Heidelberg: Spektrum, S. 114-125.
- Kandel, E.R./Schwartz, J.H./Jessell, T.M. (Hrsg.)(1996): Neurowissenschaften. Eine Einführung. Heidelberg: Spektrum.
- Keil, G. (1993): Kritik des Naturalismus. Berlin/New York: de Gruyter.
- Kischka, U./Wallesch, C.-W./Wolf, G. (Hrsg.) (1997): Methoden der Hirnforschung. Eine Einführung. Heidelberg/Berlin: Spektrum.
- Kuhlmann, A. (2004): Menschen im Begabungstest. Mutmaßungen über Hirnforschung als soziale Praxis. In: WestEnd. Neue Zeitschrift für Sozialforschung 1, S. 143-153.
- Lakowski, G. (2003): Neuroscience and Learning: A New Agenda for Educational Research. In: Döbert, H. u.a. (Hrsg.): Bildung vor neuen Herausforderungen. Historische Bezüge – Rechtliche Aspekte – Steuerungsfragen - Internationale Perspektiven. Neuwied: Luchterhand, S. 211-219.
- Lindemann, G. (2005): Beobachtungen der Hirnforschung. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 53, S. 761-781.
- Mead, G.H. (1934/1973): Geist, Identität und Gesellschaft aus der Sicht des Sozialbehaviorismus. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Metzinger, T. (2005): Unterwegs zu einem neuen Menschenbild. In: Gehirn & Geist 11/2005, S. 50-54.
- Meyer-Drawe, K. (1996): Menschen im Spiegel ihrer Maschinen. München: Fink.
- Meyer-Drawe, K. (2003): Lernen als Erfahrung. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 6, S. 505-514.
- Perler, D./Wildt, M. (2005): Der Geist der Tiere – eine Einführung. In: Dies. (Hrsg.): Der Geist der Tiere. Philosophische Texte zu einer aktuellen Diskussion. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, S. 10-74.
- Prange, K. (2005): Die Zeigestruktur der Erziehung. Grundriss der Operativen Pädagogik. Paderborn u.a.: Schöningh.
- Rosenzweig, M.R./Leiman, A.L./Breedlove, S.M. (1999): Biological Psychology. An Introduction to Behavioral, Cognitive, And Clinical Neuroscience. Sunderland, Mass.: Sinauer.
- Roth, G. (2003): Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert. Neue, vollständig überarbeitete Ausgabe. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Schneider, W.X./Prinz, W. (2000): Kognitive Neurowissenschaft. In: (Hrsg.): Lexikon der Neurowissenschaft. Heidelberg/Berlin: Spektrum, S. 249-251.
- Schröder, J. (2004): Einführung in die Philosophie des Geistes. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Schumacher, R. (2006): Die prinzipielle Unterbestimmtheit der Hirnforschung im Hinblick auf die Gestaltung schulischen Lernens. In: Sturma, D. (Hrsg.): Philosophie und Neurowissenschaften. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, S. 167-186.
- Searle, J.R. (2004): Mind. A Brief Introduction. New York/Oxford: Oxford University Press.
- Singer, W. (1991): Die Entwicklung kognitiver Strukturen – ein selbstreferentieller Lernprozeß. In: Schmidt, S. J. (Hrsg.): Gedächtnis. Probleme und Perspektive der interdisziplinären Gedächtnisforschung. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, S. 96-126.
- Singer, W. (2002a): *Conditio humana* aus neurobiologischer Perspektive. In: Elsner, N./Schreiber, H.-L. (Hrsg.): Was ist der Mensch? Göttingen: Wallstein, S. 143-167.
- Singer, W. (2002b): Der Beobachter im Gehirn. Essays zur Hirnforschung. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Singer, W. (2003): Ein neues Menschenbild? Gespräche über Hirnforschung. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

- Spitzer, M. (2002): Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg/Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Spitzer, M. (2006): Medizin für die Schule. Plädoyer für eine evidenzbasierte Pädagogik. In: Caspary, R. (Hrsg.): Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik. Freiburg: Herder, S. 23-35.
- Squire, L.R./Kandel, E.K. (1999): Gedächtnis. Die Natur des Erinnerns. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Stern, E. (2004): Wie viel Hirn braucht die Schule? Chancen und Grenzen einer neuropsychologischen Lehr-Lern-Forschung In: Zeitschrift für Pädagogik 50, S. 531-538.
- Stern, E./Grabner, R./Schumacher, R. (2005): Lehr-Lern-Forschung und Neurowissenschaften: Erwartungen, Befunde, Forschungsperspektiven. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Terhart, E. (2006): Gehirnforschung, Lernen, Unterricht: erziehungswissenschaftliche Rückfragen. In: Bellmann, J./Ruhloff, J. (Hrsg.): Perspektiven Allgemeiner Pädagogik. Dietrich Benner zum 65. Geburtstag. Weinheim/Basel: Beltz, S. 65-77.
- Terrace, H.S. (2005): The simultaneous chain: a new approach to serial learning. In: Trends in Cognitive Sciences 9, S. 202-210.
- Tomasello, M. (2002): Die kulturelle Entwicklung des menschlichen Denkens. Zur Evolution der Kognition. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Urchs, M. (2002): Maschine, Körper, Geist. Eine Einführung in die Kognitionswissenschaft. Frankfurt a.M.: Klostermann.
- Watson, J.B. (1913): Psychology As The Behaviorist Views It. In: Psychological Review 20, S. 158-177.
- Westmeyer, H. (1984): Von den Schwierigkeiten, ein Behaviorist zu sein oder Auf der Suche nach einer behavioristischen Identität. In: Lenk, H. (Hrsg.): Handlungstheorien – interdisziplinär. Band III, 2: Verhaltenswissenschaftliche und psychologische Handlungstheorien. München: Fink, S. 574-606.

Anschrift des Autors:

Thomas Müller, M.A., Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Erziehungswissenschaften, Unter den Linden 6, 10099 Berlin. E-Mail: thomas.mueller@rz.hu-berlin.de